

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D. 07 DEC 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 60 890.7

**Anmeldetag:**

19. Dezember 2003

**Anmelder/Inhaber:**

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Radarsensor und Verfahren zu dessen Betrieb

**IPC:**

G 01 S 7/03

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Juli 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

**Stanschus**

17.12.03

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Radarsensor und Verfahren zu dessen Betrieb

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Radarsensor mit den gattungsbildenden Merkmalen des Anspruchs 1.

Gegenwärtige Fernbereichsradarsensoren zur Erfassung von Objekten mit Radar sind darauf ausgelegt, Ziele in Entfernungen bis zu 150 Meter zu erkennen. Dazu müssen stark bündelnde Antennen eingesetzt werden, die z.B. nach Gesetzen der Optik mittels einer fokusierenden Linse die Hochfrequenzenergie in einen schmalen Raumbereich aussenden und nur aus diesem nach Reflektion an Objekten auch wieder empfangen. Das azimutale Ortungsfeld gegenwärtiger Radarsensoren beträgt etwa plus/minus vier bis plus/minus acht Grad. Darüber hinaus gibt es auch Radarsensoren, deren Antennencharakteristik über einen azimutalen Winkel durch Schwenken der Antenne selbst vergrößert wird.

Außerhalb der azimutalen Winkelbereiche, in dem die Antenne senden und empfangen kann, werden keine Ziele detektiert. Sendeleistung, Ortungsfeld, Signalerzeugung, Modulation und Informationsauswertung sind fest in der Sensor- und Auswerteeinheit implementiert und nicht variabel. Nachteilig daran ist insbesondere, dass keine Anpassung der Sensorcharakteristik während des Fahrbetriebes eines Fahrzeuges durchgeführt werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen Radarsensor und ein Verfahren zum Betrieb des Radarsensors bereit zu stellen, die die oben genannten Nachteile vermeiden.

# Vorteile der Erfindung

Dieses Problem wird durch einen Radarsensor nach Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur  
Regelung der Sende- und Empfangsparameter eines Radarsensors nach Anspruch 4  
5 gelöst. Bei dem erfindungsgemäßen Radarsensor für ein Kraftfahrzeug mit einer  
Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung ist vorgesehen, dass Sendeparameter  
der Sendeeinrichtungen und Empfangsparameter der Empfangseinrichtung veränderbar  
sind. Diese Veränderung, oder Adaption genannt, soll von bestimmten Ereignissen,  
10 Situationen oder in Abhängigkeit einer durch den Fahrer gewählten Funktion gesteuert  
werden. Die gewählte Funktion kann beispielsweise eine Fahrerassistenzfunktion wie  
eine Einparkhilfe, eine Anfahrhilfe oder dergleichen sein. Es wird dadurch eine adaptive  
Anpassung des Ortungsfeldes eines Radarsensors und seines Auflösungsvermögens  
bezüglich zu detektierender Ziele in ihren jeweiligen lateralen Positionen, d.h. einem  
15 Abstand und in einer Winkelposition, sowie bezüglich der Relativgeschwindigkeit  
ermöglicht. Unter Auflösungsvermögen wird dabei die Trennfähigkeit zwischen  
einzelnen Zielen verstanden.

In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Radarsensors ist vorgesehen, dass die  
Sendeparameter die Sendefrequenz und/oder die Sendeleistung und/oder der  
20 Modulationshub und/oder die azimuthale Breite des ausgestrahlten Feldes ist. In einer  
Weiterbildung ist des Weiteren vorgesehen, dass die Empfangsparameter die  
Empfangsfrequenz und/oder die Empfangsempfindlichkeit und/oder die azimuthale Breite  
des empfangenen Feldes ist. Die Adaption bzw. Konfiguration erlaubt es, einen solchen  
Sensors sehr universell sowohl für Aufgaben der Nahbereichsensorik im Bereich von 0-  
25 14 Meter bei sehr breiter azimuthaler Erfassung von z. B. plus/minus 50 Grad als auch für  
Aufgaben mit mittleren Reichweiten bis 40 Meter und einer azimuthalen Erfassung von  
plus/minus 20 Grad sowie für die Fernbereichdetektion oberhalb einer Reichweite von 40  
Meter bei einer azimuthalen Erfassung von plus/minus 8 Grad zu verwenden. Die  
Adaption des Sensors erfolgt sowohl durch eine Änderung der azimuthalen Breite des  
30 Ortungsfeldes als auch in Bezug auf die jeweils geforderten Entfernungs- und  
Geschwindigkeitsauflösung. Bei der Entfernungsauflösung wird gewährleistet, dass mit  
abnehmendem Abstand der Ziele zum Sensor prinzipiell immer eine genauere Auflösung  
erfolgt. Im Nahbereich des Fahrzeuges sind Entfernungsauflösungen im  
Zentimeterbereich gefordert, im Fernbereich Auflösung von ca. nur einem Meter.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung der Sende- und Empfangsparameter eines Radarsensors ist vorgesehen, dass Sendeparameter und/oder Empfangsparameter in Abhängigkeit von dem Fahrzustand des Fahrzeuges verändert werden. Die Veränderung der Sende- und Empfangsparameter kann dabei die Antenne selbst oder die Erzeugung des Sendesignals bzw. die Verarbeitung des empfangenen Signals auf analoger oder digitaler Basis betreffen. Unter Fahrzustand wird die Geschwindigkeit, die Richtung, der Ort sowie die Ausführung möglicher Sonderfunktionen, wie beispielsweise eine Anfahrhilfe oder dergleichen verstanden. In den Fahrzustand gehen dabei bevorzugt zumindest die Geschwindigkeit und/oder eine durch den Fahrer gewählte Assistenzfunktion und/oder die Position des Fahrzeuges und/oder der Einbauort des Radarsensors in dem Fahrzeug ein. In einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Geschwindigkeitsauflösung des Radarsensors verändert wird. Dies kann z. B. durch eine Erhöhung der Beobachtungszeit in Form einer adaptiven Verlängerung einer Frequenzrampe beim FMCW Verfahren oder durch eine Erhöhung der Abtastrate beim Pulsradar geschehen.

In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Entfernungsaflösung des Radarsensors verändert wird. Dies kann z. B. eine Auflösungserhöhung im Nahbereich durch Vergrößerung des Frequenzhubes beim FMCW Radar oder durch Variation der Pulslänge bei einem Pulsradar erfolgen.

In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Breite und Ausformung der Antennencharakteristik verändert wird. Dies kann durch Schalten der Elemente in der Hochfrequenzebene oder durch eine digitale Prozessierung im Basisband, beispielsweise in Form einer digitalen Strahlformung durch komplexwertige Gewichtung der Basisbandsignale einzelner Antennenspalten erfolgen.

Ein universell verwendbarer und gemäß der Erfindung adaptiv arbeitender Radarsensor ermöglicht die Sensierung des Fahrzeugumfeldes sowohl im Nahbereich bis hin zum Fernbereich und damit eine Fahrzeugdetektion bis zu 150 Meter. Hierdurch ist zur Erfüllung der Aufgaben der Radar-Rundumsicht nur eine Sensorarchitektur in einer einheitlichen Technologie notwendig, so dass die Wirtschaftlichkeit eines Rundumsichtsensordsystems maximierbar ist. Der Vorteil der Erfindung liegt darin, dass

die Konfiguration bzw. Adaption des Sensors in Abhängigkeit von bestimmten  
Fahrzeugsituationen bzw. vom Fahrer gewählter Funktionen erfolgen kann. Die  
Realisierung des Frontends erfolgt zweckmäßigerweise in 77 GHz Technologie oder bei  
noch höheren Frequenzen.

5

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der nachstehenden Beschreibung näher  
erläutert.

10

Die Sensierung des Fahrzeugumfeldes ist prinzipiell davon abhängig, in welcher Situation  
sich das Fahrzeug befindet. Dabei gehen Eigengeschwindigkeit, Position, Fahrtrichtung,  
die Art, wie das Umfeld des Fahrzeuges interpretiert wird oder welche Sonderfunktion,  
beispielsweise Fahrerassistenzfunktionen, die der Fahrer gerade gewählt hat, in den  
Fahrzustand des Fahrzeuges ein. Ist beispielsweise die Eigengeschwindigkeit gering, z. B.  
kleiner als 50 km/h, so braucht ein Sensor nicht Ziele in 150 Meter zu detektieren, da  
diese dann für eine Geschwindigkeitsregelung ohne Belang sind. Stattdessen ist es in  
diesem Fahrzustand sinnvoller, den nahen und mittleren Bereich bevorzugt zu  
detektieren, da Ereignisse in diesem Bereich unmittelbar das Regelverhalten beeinflussen.  
Z. B. könnten sich in einem Urbanbereich in einer dreispurigen Fahrbahn in einem  
mittleren Abstand (z. B. 30 Meter) zwei Fahrzeuge auf den beiden äußeren Fahrspuren  
befinden, während die mittlere Fahrspur, auf welcher sich das eigene Fahrzeug befindet,  
frei ist. Dann sind die beiden vorausfahrenden Fahrzeuge priorisiert zu beobachten, um z.  
B. beim Einscheren eines der Fahrzeuge auf die Spur des eigenen Fahrzeuges eine  
optimale Regelung der Längsführung zu gewährleisten. Die beiden Ziele wären daher als  
"besonders relevant" einzustufen, die Detektionswahrscheinlichkeit kann durch Adaption  
der Sensoreigenschaften auf diese Ziele maximiert werden, indem z. B. die  
Antennencharakteristik häufiger auf diese Ziele umgeformt wird. Insofern wird das  
Modulationsverfahren dahin adaptiert, dass die den beiden Zielen zuzuordnenden  
Parameter, nämlich Abstand, Relativgeschwindigkeit, laterale Position mit höherer  
Detektionswahrscheinlichkeit erfasst werden kann als ohne entsprechende Adaption.

15

20

25

30

Bei Wahl einer bestimmten Funktion des Fahrzeuges durch den Fahrer wird unmittelbar  
auf die geforderten Aufgaben des Sensors geschlossen und eine entsprechende Adaption  
der Sensoreigenschaften herbeigeführt, z. B. ist bei der Wahl der Assistenzfunktion  
"Parkhilfe" der Sensor vollständig auf, den Nahbereich adaptiert.

Befindet sich andererseits das Fahrzeug gerade in einer kritischen Situation, so kann durch Adaption des Sensors die Sensivität in als kritisch eingestufte Raumbereiche/Raumzellen, somit in der Richtung und/oder Entfernung, erhöht werden, um die Detektionsgüte relevanter Ziele zu erhöhen.

Die Position des Fahrzeuges die z. B. über das Navigationssystem abfragbar ist, kann zur Adaption der Sensoreigenschaften herangezogen werden. Die Informationen auf der digitalen Karte können dazu bereits in Kategorien wie z. B. urbanes Umfeld, Landstraße, Autobahn, unterteilt sein und dadurch eine entsprechende Konfiguration des Sensors ermöglichen. Die Informationen über diese Kategorien des Umfeldes, in dem sich das Fahrzeug gerade befindet, lassen direkte Schlussfolgerungen auf die vorzugsweise einzustellenden Sensoreigenschaften zu. Beispielsweise ist bei Fahrt auf Landstraßen eine Reichweite von unter 100 Metern ausreichend, bei Stadtfahrten kann eine Reichweite von etwa 50 Meter ausreichen. Die Information über die Eigenbewegung des Fahrzeuges kann dabei direkt dazu verwendet werden, das erforderliche Ortungsfeld des Sensors zu adaptieren.

Der Einbauort des Sensors am Fahrzeug ist ein weiterer Parameter, der eine entsprechende Konfiguration erlaubt. Ein Einbau an der Fahrzeugseite lässt z. B. die Schlussfolgerung zu, dass nur Aufgaben der Nahbereichsensorik auszuführen sind.

Durch eine Adaption der einzelnen Sensoren kann die Informationsverarbeitung in einer zentralen Auswerteeinheit vereinfacht oder unterstützt werden, da diese nur eine geringe Anzahl an Zielen verfolgen muss. Beispielsweise kann bei einer Fahrt mit geringer Geschwindigkeit in einem urbanen Umfeld auf die Verfolgung von Zielen in großer Entfernung verzichtet werden. Auf diese Weise wird eine Überlastung der Auswerteeinheit vermieden. Stattdessen wird eine Minimierung des Aufwandes durch die Adaption auf die relevanten Objekte in der Umgebung erzielt.

Um im Nahbereich z. B. die Entfernungsauflösung bis in den Zentimeterbereich zu steigern ist bei dem adaptiven Radarsensor auch die Modulation des ausgesendeten Hochfrequenzsignals selbst adaptiv gestaltet. Bei einem nach dem FMCW Prinzip arbeitenden Sensor wird der Modulationshub beispielsweise selbst nicht mehr starr

eingestellt, sondern dynamisch geregelt bzw. adaptiert, zur Erhöhung der Entfernungsauflösung beispielsweise gesteigert. Zur Adaption der Relativgeschwindigkeitsauflösung wird die Länge bestimmter Frequenzrampen variabel gestaltet. Des Weiteren lässt sich die Form der Frequenzrampen in Abhängigkeit bestimmter geforderter Eigenschaften variabel bzw. adaptiv gestalten, z. B. linear oder nicht linear gestuft. Die Ressourcen frequenz- und Zeit, damit die Update-Rate, lassen sich so optimal und funktionsangepasst nutzen. Des Weiteren kann die erforderliche Länge der Fouriertransformation, z. B. mit 265, 512, 1024 oder 2048 "bins", an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden.

Als Parameter bzw. Informationsquellen, für Stellgrößen oder Eingangsgrößen eines Adaptionsprozesses des Sensors können folgende Größen genutzt werden:

- Die Eigengeschwindigkeit des Fahrzeuges;
- ein detektiertes Zielszenario;  
beispielsweise zwei Fahrzeuge nebeneinander voraus;  
mittlere Spur frei;
- eine aktuell vom Fahrer gewählte bzw. durch das Fahrzeug selbsttätig aktivierte Fahrerassistenzfunktion wie z. B. eine Einparkhilfe oder eine Anfahrhilfe;
- kritische Situationen bzw. kritische Raumbereiche;  
die absolute Position des Fahrzeuges, die über ein Fahrzeugnavigationssystem bereitgestellt wird;
- zu erwartende Umgebung in der näheren Zukunft z. B. eine Kreuzung, eine Abfahrt oder dergleichen, was ebenfalls über das Fahrzeugnavigationssystem oder über eine Videosensorik bereitgestellt wird, sowie
- der Einbauort des Sensors am Fahrzeug.

- Zur Ausführung der Adaption im Sensor, das heißt zur eigentlichen Realisierung der Einstellung verschiedener Parameter des Sensors, werden folgende Möglichkeiten, einzeln oder in Kombination, genutzt:

5      • Die Adaption der Geschwindigkeitsauflösung beispielsweise durch eine Auflösungserhöhung durch adaptiver Verlängerung einer Frequenzrampe beim FMCW-Verfahren, wodurch die Beobachtungszeit erhöht wird, oder die Erhöhung der Abtastrate bei einem Pulsradar.

10     • Die Adaption der Entfernungsaflösung, beispielsweise durch eine Auflösungserhöhung im Nahbereich durch Vergrößerung des Frequenzhubes beim FMCW-Radar oder durch Variation der Pulslänge bei einem Pulsradar.

15     • Die Adaption der Abtastrate bei einer Analog/Digitalwandlung innerhalb des Radarsensors oder in weiteren Auswerteeinheiten.

• Eine Adaption der Länge der Fast Fourier Transformation (FFT) z. B. eine Erhöhung beim FMCW Radar zur verbesserten Detektion im Nahbereich kleiner als 1 Meter.

20     • Eine Adaption der Integrationszeit beim Pulsradar in Abhängigkeit der jeweils geforderten Update-Rate.

25     • Eine Adaption der Breite oder der Ausformung der Antennencharakteristik durch Schalten der Elemente in einer Hochfrequenzebene oder durch digitale Prozessierung im Basisband, beispielsweise durch eine digitale Strahlformung durch komplexwertige Gewichtung der Basisbandsignale einzelner Antennenspalten.



17.12.03

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

1. Radarsensor für ein Kraftfahrzeug mit einer Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass Sendeparameter der Sendeeinrichtung und Empfangsparameter der Empfangseinrichtung veränderbar sind.

15

2. Radarsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendeparameter die Sendefrequenz und/oder die Sendeleistung und/oder der Modulationshub und/oder die azimutale Breite des ausgestrahlten Feldes ist.

20

3. Radarsensor nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfangsparameter die Empfangsfrequenz und/oder die Empfangsempfindlichkeit und/oder die azimutale Breite des empfangenen Feldes ist.

25

4. Verfahren zur Regelung der Sende- und Empfangsparameter eines Radarsensors nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Sendeparameter und/oder Empfangsparameter in Abhängigkeit von dem Fahrzustand des Fahrzeuges verändert werden.

30

5. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit und/oder eine durch den Fahrer gewählte Assistenzfunktionen und/oder die Position des Fahrzeuges und/oder der Einbauort des Radarsensors in den Fahrzustand eingeht.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeitsauflösung des Radarsensor verändert wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernungsauflösung des Radarsensors verändert wird.

5 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite und Ausformung der Antennencharakteristik verändert wird.

9. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennencharakteristik durch schaltende Elemente in der Hochfrequenz-Ebene verändert wird.

10  
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennencharakteristik durch digitale Prozessierung im Basisband verändert wird.

17.12.03

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Radarsensor und Verfahren zu dessen Betrieb

Zusammenfassung:

15

Bei einem Radarsensors für ein Kraftfahrzeug mit einer Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung wird eine Anpassung der Sensorcharakteristik während des Fahrbetriebes eines Fahrzeuges dadurch erreicht, dass Sendeparameter der Sendeeinrichtung und Empfangsparameter der Empfangseinrichtung veränderbar sind.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**